



PATENT  
2760-1-004

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS : Jorge Vicente BLASCO CLARET *et al*  
SERIAL NO. : 10/715,333  
FILED : November 17, 2003  
FOR : AUTOMATIC GAIN CONTROL SYSTEM FOR MULTI-  
USER DIGITAL OFDM TRANSMISSION SYSTEMS OVER  
THE ELECTRIC NETWORK

PETITION FOR GRANT OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby petitions for grant of priority of the present Application on the basis of the following prior filed foreign Application:

<u>COUNTRY</u>	<u>SERIAL NO.</u>	<u>FILING DATE</u>
Spain	200101121	May 17, 2001

To perfect Applicant's claim to priority, a certified copy of the above listed prior filed Application is enclosed.

Acknowledgment of Applicant's perfection of claim to priority is accordingly requested.

Respectfully submitted,

Stefan J. Klauber  
Attorney for Applicant  
Registration No. 22,604

KLAUBER & JACKSON  
411 Hackensack Avenue  
Hackensack, NJ 07601  
(201)487-5800





MINISTERIO  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGIA



# CERTIFICADO OFICIAL

Por la presente certifico que los documentos adjuntos son copia exacta de la solicitud de PATENTE de INVENCION número 200101121, que tiene fecha de presentación en este Organismo el 17 de Mayo de 2001.

Madrid, 2 de Diciembre de 2003

El Director del Departamento de Patentes  
e Información Tecnológica.

P.D.

CARMEN LENCE REIJA



This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





MINISTERIO  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA



Oficina Española  
de Patentes y Marcas

SD.

## INSTANCIA DE SOLICITUD

NÚMERO DE SOLICITUD

**P200101121**

FECHA Y HORA DE PRESENTACIÓN EN LA O.E.P.M.

01 MAY 17 13:00

FECHA Y HORA PRESENTACIÓN EN LUGAR DISTINTO O.E.P.M.

(1) MODALIDAD:

☒ **PATENTE DE INVENCION** ☐ **MODELO DE UTILIDAD**

(2) TIPO DE SOLICITUD:

- ☐ ADICIÓN A LA PATENTE  
☐ SOLICITUD DIVISIONAL  
☐ CAMBIO DE MODALIDAD  
☐ TRANSFORMACIÓN SOLICITUD PATENTE EUROPEA  
☐ PCT: ENTRADA FASE NACIONAL

(3) EXP. PRINCIPAL O DE ORIGEN:

MODALIDAD .....  
N.º SOLICITUD .....  
FECHA SOLICITUD ...../...../.....

(4) LUGAR DE PRESENTACIÓN: CÓDIGO

MADRID

1218

(5) SOLICITANTE (S): APELLIDOS O DENOMINACIÓN SOCIAL

NOMBRE

NACIONALIDAD

CÓDIGO PAÍS

DNI/CIF

CNAE

PYME

DISEÑO DE SISTEMAS EN  
SILICIO, S.A.

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS  
Dpto. SECRETARÍA GENERAL  
REPROGRAFÍA  
Panama, 1 - Madrid 28071

ES

A-12469821

(6) DATOS DEL PRIMER SOLICITANTE:

TELÉFONO

DOMICILIO ..... Charles Robert Darwin nº 2 Parque Tecnológico

LOCALIDAD ..... PATERNA

PROVINCIA ..... VALENCIA

PAÍS RESIDENCIA ..... ESPAÑA

NACIONALIDAD ..... ESPAÑOLA

CORREO ELECTRÓNICO

CÓDIGO POSTAL

46980

CÓDIGO PAÍS

ES

CÓDIGO PAÍS

ES

(7) INVENTOR (ES):

APELLIDOS

NOMBRE

NACIONALIDAD

CÓDIGO PAÍS

BLASCO CLARET  
RIVEIRO INSUA  
ABAD MOLINA

JORGE VICENTE  
JUAN CARLOS  
JOSÉ

ESPAÑOLA  
"  
"

ES  
"  
"

(8) ☐ EL SOLICITANTE ES EL INVENTOR

☒ EL SOLICITANTE NO ES EL INVENTOR O ÚNICO INVENTOR

(9) MODO DE OBTENCIÓN DEL DERECHO:

☒ INVENC. LABORAL

☐ CONTRATO

☐ SUCESIÓN

(10) TÍTULO DE LA INVENCION:

SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL  
OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA.

(11) EFECTUADO DEPÓSITO DE MATERIA BIOLÓGICA:

☐ SI

☒ NO

(12) EXPOSICIONES OFICIALES: LUGAR

FECHA

(13) DECLARACIONES DE PRIORIDAD:

PAÍS DE ORIGEN

CÓDIGO PAÍS

NÚMERO

FECHA

(14) EL SOLICITANTE SE ACOGE AL APLAZAMIENTO DE PAGO DE TASAS PREVISTO EN EL ART. 162. LEY 11/86 DE PATENTES ☐

(15) AGENTE/REPRESENTANTE: NOMBRE Y DIRECCIÓN POSTAL COMPLETA. (SI AGENTE P.I., NOMBRE Y CÓDIGO) (RELLÉNESE, ÚNICAMENTE POR PROFESIONALES)

D. JAVIER UNGRIA LÓPEZ 392/1  
Avda. Ramón y Cajal, 78 - 28043 MADRID

(16) RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN:

- ☒ DESCRIPCIÓN N.º DE PÁGINAS: ..... 29 .....  
☒ N.º DE REIVINDICACIONES: ..... 22 .....  
☐ DIBUJOS. N.º DE PÁGINAS: ..... 5 .....  
☐ LISTA DE SECUENCIAS N.º DE PÁGINAS: .....  
☒ RESUMEN  
☐ DOCUMENTO DE PRIORIDAD  
☐ TRADUCCIÓN DEL DOCUMENTO DE PRIORIDAD  
☒ DOCUMENTO DE REPRESENTACIÓN  
☒ JUSTIFICANTE DEL PAGO DE TASA DE SOLICITUD  
☒ HOJA DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA  
☐ PRUEBAS DE LOS DIBUJOS  
☐ CUESTIONARIO DE PROSPECCIÓN  
☐ OTROS: .....

FIRMA DEL SOLICITANTE O REPRESENTANTE

JAVIER UNGRIA  
p.p.

(VER COMUNICACIÓN AL DORSO)

FIRMA DEL FUNCIONARIO

NOTIFICACIÓN SOBRE LA TASA DE CONCESIÓN:

Se le notifica que esta solicitud se considerará retirada si no procede al pago de la tasa de concesión; para el pago de esta tasa dispone de tres meses a contar desde la publicación del anuncio de la concesión en el BOPI, más los diez días que establece el art. 81 del R.D. 2245/1986.

ILMO. SR. DIRECTOR DE LA OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

informacion@oepm.es

www.oepm.es

C/. PANAMÁ, 1 - 28071 MADRID

MOD. 3101 - 1 - EJEMPLAR PARA EL EXPEDIENTE

NO CUMPLIMENTAR LOS RECUADROS ENMARCADOS EN ROJO



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

NUMERO DE SOLICITUD

P200101121

FECHA DE PRESENTACION

HOJA INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS

- ☒ PATENTE DE INVENCION  
☐ MODELO DE UTILIDAD

(4) SOLICITANTES	APELLIDOS O RAZON SOCIAL	NOMBRE	DNI
	DISEÑO DE SISTEMAS EN SILICIO, S.A.		A-12469821

(6) INVENTORES	APELLIDOS	NOMBRE	NAC.
	IRANZO MOLINERO MATAS BONILLA JIMENEZ MARQUINA FOUREN	SALVADOR ALEJANDRO FRANCISCO JAVIER NILS HAKAN	ES. " " SE

(11) EXPOSICIONES OFICIALES

LUGAR:

FECHA:

(12) DECLARACIONES DE PRIORIDAD

PAIS DE ORIGEN

CODIGO

NUMERO

FECHA





(31) NUMERO

DATOS DE PRIORIDAD

(32) FECHA

(33) PAIS

A1

(12) PATENTE DE INVENCION

(21) NUMERO DE SOLICITUD

P 200101121

(22) FECHA DE PRESENTACION  
17.5.2001

(71) SOLICITANTE(S)

DISEÑO DE SISTEMAS EN SILICIO, S.A.

NACIONALIDAD

ESPAÑOLA

C./ Charles Robert Darwin, nº 2 - Parque Tecnológico - 46980 PATERNA (VALENCIA)

(72)

JORGE VICENTE BLASCO CLARET, JUAN CARLOS RIVEIRO INSUA, JOSÉ ABAD MOLINA, SALVADOR IRANZO MOLINERO, ALEJANDRO MATAS BONILLA, FRANCISCO JAVIER JIMENEZ MARQUINA y NILS HAKAN FOUREN, todos ellos de nacionalidad española, excepto el último de nacionalidad sueca.

(73) TITULAR(ES)

(11)

N.º DE PUBLICACION

(45)

FECHA DE PUBLICACION

(62)

PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA

GRAFICO (SOLO PARA INTERPRETAR RESUMEN)

(57)

Int. Cl.

H04B 3/54, H04J 11/00, H03G 3/20

(59)

TITULO

SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA.

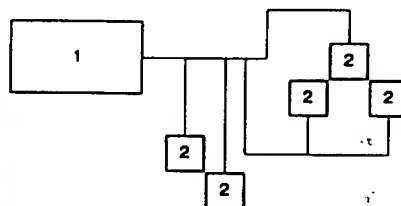


FIG. 1

(57)

RESUMEN (APORTACION VOLUNTARIA, SIN VALOR JURIDICO)

Sistema de control automático de ganancia para sistema de transmisión digital OFDM multiusuario sobre red eléctrica.

Cuenta con una pluralidad de equipos de usuario y un equipo de cabecera comunicados bidireccionalmente a través de la red eléctrica. Sus características esenciales son: un tratamiento portadora a portadora sobre las señales de emisión y sobre las señales en recepción y un control sobre la potencia de transmisión de los distintos equipos.

El sistema posibilita llegar al máximo número de usuarios, conseguir una máxima capacidad de transmisión, admitir señales provenientes de usuarios muy cercanos y muy lejanos, evitar que se produzcan desbordamientos, introducir el máximo de potencia media sobre el rango disponible para la comunicación y minimizar el número de bits necesarios para la conversión analógica/digital en recepción.

**SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE  
TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**  
**OBJETO DE LA INVENCION**

5 La presente invención, tal y como se expresa  
en el enunciado de esta memoria descriptiva, se refiere a  
un sistema de control automático de ganancia para sistema  
de transmisión digital OFDM multiusuario sobre red eléc-  
trica. Este sistema de control automático de ganancia  
realiza las siguientes acciones:

10 - Evita que se produzcan desbordamientos  
(overflows) en los dispositivos del sistema, puesto que  
supondrían una pérdida de relación señal/ruido del siste-  
ma.

- Introduce el máximo de potencia media sobre  
15 el rango disponible para la comunicación que esté adaptado  
a este tipo de canal.

Gracias a lo que el sistema de control  
automático de ganancia consigue lograr la máxima capacidad  
de transmisión, llegar al máximo número de usuarios  
20 mediante la reutilización de frecuencias y tiempos, admitir  
señales provenientes tanto de usuarios muy cercanos como de  
usuarios muy lejanos, y minimizar el número de bits  
necesarios para la conversión analógica/digital en recep-  
ción.

25 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Es conocido que la red de distribución de  
electricidad no es un canal de comunicaciones estático, o  
lo que es lo mismo, su respuesta en frecuencia, atenuación  
y ruido de la línea varían en el tiempo, por lo que una  
30 configuración de ganancia de los amplificadores de transmi-  
sión y recepción será adecuada en un determinado instante,  
mientras que puede resultar inadecuada unos minutos  
después, por un cambio producido en el comportamiento de la  
red.

35 Por otra parte, los usuarios de un sistema de

comunicaciones sobre red eléctrica observan un canal distinto según su posición respecto al correspondiente equipo de cabecera, por lo que no se puede utilizar una configuración fija para las ganancias de los correspondientes amplificadores cuando el usuario se conecta al sistema.

La red eléctrica se comporta como un canal de comunicaciones muy selectivo (pudiendo atenuar unas portadoras más de 80dB respecto a otras o, lo que es lo mismo tiene un margen dinámico mayor que 80dB). Presenta además ruido de línea variable (esto es, no se tiene siempre la misma potencia de ruido medida en recepción) y presenta múltiples ruidos impulsivos. Por ello, los sistemas de control automático de ganancia convencionales no son adecuados para ser aplicados en un sistema de comunicaciones sobre red eléctrica, siendo necesario realizar un control inteligente sobre la ganancia.

Por otra parte, es conocida la patente de invención con número de solicitud P-200003024, enunciada como "sistema y procedimiento de transmisión digital de datos punto a multipunto sobre red eléctrica". Esta patente proporciona un sistema en el que hay una pluralidad de equipos de usuario y un equipo de cabecera comunicados bidireccionalmente a través de la red eléctrica, siendo el canal ascendente el que va desde los equipos de usuario hasta el equipo de cabecera y el canal descendente el que va desde el equipo de cabecera hasta los equipos de usuario, e incluyendo cada uno de estos equipos un controlador de acceso al medio (MAC) que maximiza la cantidad de información que los equipos de usuario pueden transmitir y minimiza el tiempo de latencia de estos equipos de usuario; efectuándose la división de la red eléctrica para los canales ascendente y descendente mediante duplexación por división en frecuencia y/o mediante duplexación por división en tiempo; y presentando tanto el equipo de

cabecera como los equipos de usuario medios para adaptar la correspondiente transmisión por la red eléctrica.

5 El sistema proporcionado por la referida patente P-200003024 resuelve adecuadamente los inconvenientes que presentaba el estado de la técnica anterior a la misma, y además es susceptible de incorporar un sistema de control automático de ganancia como el que se expone en la presente memoria.

#### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

10 Para lograr los objetivos indicados anteriormente, la invención consiste en un sistema de control automático de ganancia para sistema de transmisión digital OFDM multiusuario sobre red eléctrica, existiendo una pluralidad de equipos de usuario y un equipo de cabecera  
15 comunicados bidireccionalmente a través de la red eléctrica, efectuándose un control independiente para el canal ascendente que va desde los equipos de usuario hasta el equipo de cabecera y para el canal descendente que va desde el equipo de cabecera hasta los equipos de usuario,  
20 efectuándose la división de la red eléctrica para los canales ascendente y descendente mediante duplexación por división en frecuencia (FDD) y/o mediante duplexación por división en tiempo (TDD); transmitiéndose una señal con modulación OFDM (multiplexación por división ortogonal en  
25 frecuencia) que presenta envolvente no constante en virtud del empleo de esta modulación; existiendo amplificadores para actuar sobre las ganancias de transmisión y recepción, y con la posibilidad de utilizar varios conjuntos, de cabecera y equipos de usuario, reutilizando las mismas  
30 frecuencias y tiempos, donde el acceso a los canales ascendente y descendente se realiza mediante multiplexaciones OFDMA/TDMA (multiplexación por división ortogonal en frecuencia y/o multiplexación por división en tiempo).

35 Novedosamente, según la invención, este sistema de control automático de ganancia presenta:

5           - un tratamiento portadora a portadora sobre las correspondientes señales de emisión para precompensar el efecto de un canal selectivo en frecuencia, como el de la línea eléctrica, sobre la señal antes de ser transformada al dominio temporal para una potencia media de la señal fija,

10           - un tratamiento portadora a portadora sobre las señales en recepción en el dominio frecuencial, realizando el bloque compensador del efecto del canal un escalado sobre la señal recibida y los elementos correctores de la señal en frecuencia, representando en coma flotante la señal compensada y fijando el número de bits de la mantisa para mantener una determinada precisión (o relación señal/ruido) máxima definida por portadora, 15 gracias a lo que se permite reducir las memorias que almacenan los elementos compensadores del efecto del canal, reducir la complejidad de las operaciones en el dominio de la frecuencia al estar fijado el número de bits de mantisa, tratar un mayor rango dinámico de señales en recepción, y 20 amplificar al máximo la señal de entrada al ADC sin producir desbordamientos en los bloques anteriores al tratamiento frecuencial,

25           - un control de la potencia de transmisión de los distintos equipos, para conseguir que la potencia de múltiples usuarios se reciba con el mismo nivel y poder utilizar conversores analógico/digitales de pocos bits,

30           - un control de la potencia de transmisión para conseguir que las señales enviadas por los usuarios y la cabecera no interfieran en el funcionamiento de otros conjuntos de equipo de cabecera y sus usuarios que reutilicen las mismas frecuencias y tiempos.

Con estas características esenciales el sistema de control automático de ganancia de la invención consigue:

35           - lograr la máxima capacidad de transmisión,

- llegar al máximo número de usuarios mediante la reutilización de frecuencias y tiempo,

5       - admitir señales provenientes de usuarios muy cercanos y muy lejanos (en términos de longitud de cable eléctrico o atenuación) sin pérdida de relación señal a ruido ni capacidad de transmisión,

10       - evitar que se produzcan desbordamientos (overflows) en los dispositivos del sistema, que supondrían una pérdida de relación señal a ruido, lo que conllevaría una pérdida de la capacidad de transmisión,

      - evitar la utilización de frecuencias reguladas por Ley o que produzcan interferencias con otros sistemas de comunicaciones,

15       - introducir el máximo de potencia media sobre el rango disponible para la comunicación,

      - y minimizar el número de bits necesarios para la conversión analógica/digital en recepción.

20       El control automático de ganancia para el enlace descendente ajusta tanto la ganancia de los medios transmisores del equipo de cabecera como la ganancia de los medios receptores de los equipos de usuario, ajustándose la ganancia del equipo de cabecera antes de realizar el ajuste de la ganancia de recepción de los equipos de usuario, de forma que se introduzca el máximo de potencia media en el rango disponible para la comunicación sin que se produzcan desbordamientos en los conversores del sistema con objeto de maximizar la capacidad de transmisión.

30       El control automático de ganancia para el enlace descendente disminuye la ganancia en los receptores de los usuarios en caso de que el número de desbordamientos que se produce en el ADC del receptor supere cierto límite, puesto que estos desbordamientos provocan una reducción de la relación señal/ruido y por ello, una pérdida de capacidad de transmisión.

35       También para el enlace descendente, este

sistema de control automático de ganancia aumenta la ganancia de los receptores de los usuarios en caso de que no se produzcan desbordamientos en el ADC del receptor durante una determinada ventana temporal, de forma que el ruido de cuantificación no limite la relación señal/ruido en comparación con el ruido de línea amplificado.

Una posible implementación del correspondiente algoritmo de control automático de ganancia para el canal descendente se basa en el control de aspectos tales como el número de overflows (saturaciones en el ADC del receptor) producidos durante cierta ventana de tiempo y los pesos del ecualizador, de manera que si el número de overflows en la ventana temporal es mayor que cierto umbral, se reduce la ganancia del receptor, mientras que si no se supera este umbral en toda la ventana y los pesos de ecualización indican que la señal puede incrementar su potencia sin producir overflows, se aumentará la ganancia del receptor; y si no se da ninguno de estos casos, el sistema se considera en un nivel óptimo y no se modifica la ganancia de los correspondientes amplificadores; utilizándose siempre un sistema de monitorización del valor de ganancia para evitar que se produzcan oscilaciones en la misma, así como una regular comprobación de que aumentando la ganancia en recepción no se mejora la relación señal/ruido.

Para el enlace ascendente, el control automático de ganancia de la invención ajusta tanto la ganancia de los medios receptores del equipo de cabecera como la ganancia de los medios emisores de los equipos de usuario, ajustándose la ganancia del equipo de cabecera (de recepción) antes de realizar el ajuste de la ganancia de emisión de los equipos de usuario, con el objetivo de evitar pérdidas de señal/ruido debidas a los desbordamientos y al ruido de cuantificación del ADC del equipo de cabecera.

Además, para el canal ascendente, en el control automático de ganancia que se presenta, la ganancia

5      cia de recepción del equipo de cabecera se fija en función  
del ruido de la línea, de manera que el equipo de cabecera  
mide la potencia de ruido y ajusta su ganancia con objeto  
de que el ruido de cuantificación del ADC no limite la  
relación señal/ruido en comparación con el ruido de línea  
amplificado, y para poder utilizar un conversor con un  
reducido número de bits.

10      La medida de ruido referida en el párrafo  
anterior se efectúa empleando, el equipo de cabecera, la  
DFT (transformada discreta de Fourier) sobre la señal  
recibida mientras ningún equipo de usuario está transmi-  
tiendo, pudiendo estimar el ruido de línea aumentando la  
ganancia en recepción y comparando la salida de dicha DFT  
con cierto umbral mientras ningún usuario está transmi-  
15      tiendo.

Otra forma de realizar esta medida de ruido se  
puede efectuar a partir de la señal de error proporcionada  
por el ecualizador de recepción del equipo de cabecera, y  
de las ganancias conocidas de los amplificadores de  
transmisión y recepción, mientras algún usuario esté  
20      transmitiendo.

Para el canal ascendente del sistema se  
realiza el control de ganancia de los amplificadores de  
emisión de los equipos de usuario en lazo abierto y/o en  
25      lazo cerrado, con el objeto de maximizar la capacidad de  
transmisión y reducir el número de bits necesarios en el  
ADC para la conversión de todo el rango de la señal:

- en el control en lazo abierto, mediante la  
potencia recibida en el canal descendente se estima cuánta  
30      potencia debería transmitirse por el canal ascendente;

- en el control en lazo cerrado, el equipo de  
cabecera recibe la señal del equipo de usuario y mide su  
potencia en recepción, además de si se producen overflows  
en el correspondiente ADC; y a partir de esta medida indica  
35      al equipo de usuario que aumente o disminuya la ganancia



del amplificador de emisión, preferentemente mediante el envío de mensajes de control.

Una posible implementación del algoritmo de control de ganancia en el canal ascendente consiste en lo siguiente:

5                   - primero se evalúa el número de overflows en una ventana temporal, y si este valor es mayor que un umbral máximo permitido, se baja la ganancia;

10                   - para determinar qué ganancia debe reducirse (la de emisión de los equipos de usuario o la de recepción del equipo de cabecera), se utiliza la información que dan los pesos del ecualizador para distinguir si los overflows se han producido debido a la señal de información enviada por el usuario (en cuyo caso el equipo de cabecera indicaría al equipo de usuario que baje su nivel de emisión) o si se deben a ruido de la línea (en cuyo caso el equipo de cabecera será quien disminuya la ganancia en recepción);

15                   - incremento de ganancia, cosa que sólo se lleva a cabo cuando no existen razones para disminuir la ganancia, de manera que este incremento de ganancia se efectúa en los equipos de usuario siempre que con ello no se produzcan overflows;

20                   - en cualquier caso se utiliza siempre una monitorización del valor de la ganancia para evitar oscilaciones;

25                   - cada cierto tiempo (suficientemente largo) se monitoriza la línea de comunicación para comprobar que el valor fijado para la ganancia en recepción era el correcto (los ruidos impulsivos de la red pudieron provocar un ajuste inadecuado), de manera que se modifique este valor en caso de que no sea así.

30                   Para optimizar el control de ganancia se realiza un tratamiento portadora a portadora sobre las correspondientes señales de emisión para precompensar el

35

efecto del canal sobre la señal, de forma que se incrementa la potencia en las portadoras que sufrirán más atenuación al ser transmitidas por el canal y se disminuya la potencia en las portadoras que se transmitirán por el canal sufriendo menor atenuación, de forma que se mantenga la potencia media en transmisión y se pueda incrementar la capacidad de transmisión sin producir desbordamientos en el tratamiento de la señal en el tiempo o en la conversión analógica/digital.

Entre los tratamientos portadora a portadora en transmisión se encuentra la atenuación gradual e incluso eliminación de portadoras cuya posición en frecuencia coincida con frecuencias cuyo uso esté regulado por Ley, con frecuencias que interfieren con otros dispositivos de comunicaciones, con las frecuencias intermedias utilizadas en televisión y otros dispositivos electrónicos, con las frecuencias de los radioaficionados, etc; siendo configurable la selección de portadoras en tiempo real de acuerdo a las necesidades de comunicación del sistema en cada momento.

Para optimizar el control de ganancia se realiza un tratamiento portadora a portadora sobre las correspondientes señales en recepción una vez en el dominio de la frecuencia, consistente en que el bloque compensador, del efecto del canal sobre la señal recibida, escala tanto la señal recibida en cada portadora de acuerdo con el nivel estimado de la misma como los valores de los elementos correctores en frecuencia que se utilizarán sobre la señal, de manera que sea posible trabajar únicamente con la mantisa de la representación en coma flotante (mantisa y exponente) de la señal recibida, y finalmente se fija el número de bits de esta mantisa de acuerdo a la precisión (o relación señal/ruido) máxima por portadora; con el objetivo de representar señales con un gran rango dinámico (esto es señales de muy alta y muy baja potencia) mediante

un pequeño número de bits, reducir el tamaño de las memorias utilizadas para almacenar los elementos compensadores de la atenuación y fase introducidos por el canal, reducir la complejidad de las operaciones en el dominio de la frecuencia (por tener un reducido número de bits en las mismas), y amplificar al máximo la señal a la entrada de la conversión analógica/digital sin que se produzcan desbordamientos en los bloques anteriores al tratamiento de la señal en el dominio frecuencial portadora a portadora, recibiendo la portadora con mayor atenuación limitada en relación señal/ruido en recepción por el ruido de la línea y no por el ruido de cuantificación del conversor A/D, y al mismo tiempo, recibiendo las portadoras poco atenuadas por la línea y amplificadas antes de la conversión sin que esta recepción produzca desbordamientos al estar convenientemente escaladas, de forma que se puedan tratar por los bloques frecuenciales con el mismo número de bits en todas las operaciones que las portadoras con mucha atenuación.

En el referido proceso de escalado la mantención de la señal se obtiene al multiplicar la señal recibida por el exponente de la representación en coma flotante de los pesos de la ecualización; actualizándose dicho exponente en la fase de entrenamiento de la ecualización, en las portadoras de la rejilla si los datos enviados se dirigen hacia otro usuario, y en todas las portadoras cuando los datos enviados se dirigen a nuestro usuario; de forma que se reduzca la probabilidad de un escalado erróneo debido a los múltiples ruidos impulsivos que afectan a la comunicación a través de la red de distribución de electricidad.

La coexistencia de varios conjuntos de equipo cabecera y usuarios que se comunican con él, que utilizan las mismas frecuencias y tiempos (reutilización de frecuencia y tiempo), se realiza mediante el control de las ganancias de transmisión de estos equipos, mientras que el control de ganancia en recepción se realiza tal y como se

expuso anteriormente, para lo que los distintos equipos de cabecera se comunican entre sí para tomar las decisiones de coexistencia.

5 Otra posibilidad para conseguir la coexistencia de varios conjuntos, de equipo cabecera y usuarios que se comunican con él, que utilizan las mismas frecuencias y tiempos (reutilización de frecuencia y tiempo) y que se realiza mediante control de las ganancias de transmisión de estos equipos junto con el control de ganancia en  
10 recepción, tal y como se expuso anteriormente, consiste en utilizar un equipo de cabecera principal que emplea frecuencias y/o tiempos distintos para la comunicación con sus usuarios, que se encargaría de asegurar la coexistencia entre los distintos conjuntos de equipos que reutilizan las  
15 mismas frecuencias y tiempos y que sería capaz de comunicarse con las cabeceras de cada conjunto.

Para optimizar el resultado del control de la ganancia cuando hay varios conjuntos de cabecera y usuarios que reutilizan las mismas frecuencias y tiempos, las ganancias de transmisión se modifican portadora a portadora, o (debido a que esto implica un coste elevado) se promedia la estimación de la relación señal/ruido en frecuencia ponderando más las portadoras con mayor valor de relación señal/ruido que las de menos, y se utiliza su  
20 resultado para realizar las modificaciones de las ganancias de transmisión.

La coexistencia de varios conjuntos de equipo cabecera y sus usuarios que utilicen el mismo rango de frecuencias y tiempos para la comunicación, se posibilita  
30 mediante:

- el control de la potencia de los correspondientes medios emisores de señal en ambos enlaces de la comunicación: descendente y ascendente;

- una topología de red en la que las señales  
35 de todos los equipos de usuario pasan primero por el equipo

de cabecera correspondiente a su conjunto antes de llegar a los equipos que forman otro conjunto; y

5                   - la medida de la atenuación entre equipos de cabecera (que reutilicen las mismas frecuencias y tiempos) mediante el envío de información entre estos equipos de cabecera, o mediante la comunicación con un equipo de cabecera principal, de manera que esta medida se emplea para ajustar la potencia máxima transmisible por los equipos de usuario.

10                   Para el canal descendente, todos los equipos cabecera emiten con la máxima potencia posible para la comunicación por la red eléctrica, de manera que el valor máximo de la relación señal/ruido en los receptores de usuario estará limitado por la atenuación entre los equipos de cabecera que reutilicen el mismo rango de frecuencias y tiempos, mientras que si hay un equipo de cabecera principal (que utiliza otro rango de frecuencias y/o tiempos), será este equipo de cabecera principal el encargado de ajustar las diferentes ganancias requeridas en los distintos equipos de cabecera mediante un canal de control, y preferentemente mediante mensajes de control.

15                   Para asegurar la coexistencia de varios conjuntos de equipos que reutilicen las mismas frecuencias y tiempos para el canal ascendente de la comunicación, se ajusta la ganancia de transmisión de los equipos de usuario para que el nivel de potencia de señal que llegue a la cabecera de otro conjunto (y que será interferente para ese conjunto) sea comparable al nivel de ruido de línea.

20                   Para el canal ascendente de la comunicación, el equipo de cabecera detecta la potencia que le llega de uno de sus usuarios y decide si la ganancia debe ser modificada, comunicando después esta información al equipo de usuario implicado preferentemente mediante mensajes de control; tomándose la correspondiente decisión mediante la utilización del valor ponderado en frecuencia de la

25

30

35

estimación de la relación señal/ruido, anteriores valores de dicha estimación y la estimación de ruido.

El sistema que se ha descrito presenta la posibilidad de efectuar un control automático de ganancia inteligente y eficaz sobre un medio de comunicación tan problemático como la red eléctrica, presentando dicho sistema las siguientes ventajas: logra una máxima capacidad de transmisión, llega a un mayor número de usuarios mediante la reutilización de frecuencias y tiempos, admite señales provenientes de usuarios muy cercanos y muy lejanos, evita que se produzcan desbordamiento en los dispositivos del sistema, introduce un máximo de potencia media sobre el rango disponible para la comunicación, y minimiza el número de bits necesarios para la conversión analógica/digital en recepción.

A continuación, para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompañan unas figuras en las que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado el objeto de la invención.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

**Figura 1.-** Representa esquemáticamente un ejemplo de topología de un sistema que emplea el control automático de ganancia de la presente invención.

**Figura 2.-** Representa esquemáticamente los efectos sobre la señal que va del conversor digital/analógico del transmisor al conversor analógico/digital del receptor en un sistema de comunicaciones sobre red eléctrica que puede emplear el control automático de ganancia de la presente invención.

**Figura 3.-** Representa esquemáticamente los niveles de potencia en recepción en un sistema de comunicaciones sobre red eléctrica que emplea el control automático de ganancia de la presente invención.

**Figura 4.-** Representa esquemáticamente la

disminución de ganancia en caso de desbordamiento en un sistema de comunicaciones sobre red eléctrica susceptible de incorporar el control automático de ganancia de la presente invención.

5                   **Figura 5.-** Representa esquemáticamente el aumento de ganancia en recepción en un sistema de comunicaciones sobre red eléctrica susceptible de incorporar el control automático de ganancia de la presente invención.

10                   **Figura 6.-** Representa esquemáticamente una topología lógica con varias cabeceras de un sistema de comunicaciones sobre red eléctrica que emplea el sistema de control automático de ganancia de la presente invención.

15                   **Figura 7.-** Representa esquemáticamente una topología física con varias cabeceras en un sistema de comunicaciones sobre red eléctrica que emplea el control automático de ganancia de la presente invención.

20                   **Figura 8.-** Representa esquemáticamente la interferencia entre varias cabeceras para el enlace descendente en un sistema de comunicaciones sobre red eléctrica que emplea el control automático de ganancia de la presente invención.

25                   **Figura 9.-** Representa esquemáticamente la interferencia para el enlace ascendente en un sistema de comunicaciones sobre red eléctrica que emplea el control automático de ganancia de la presente invención.

#### **DESCRIPCIÓN DE UN EJEMPLO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION**

Seguidamente se realiza una descripción de un ejemplo de la invención, haciendo referencia a la numeración adoptada en las figuras.

30                   Así, el sistema de control automático de ganancia para sistema de transmisión digital OFDM multiusuario sobre red eléctrica, de este ejemplo de realización, se aplica a un sistema de comunicaciones sobre la red eléctrica que tiene una topología multiusuario donde el  
35                   equipo de cabecera o central 1 transmite información a

múltiples equipos de usuario 2 y recibe información de ellos, tal y como se representa en la figura 1.

5 Este equipo de cabecera transmite con máxima potencia una señal de banda ancha, de envolvente no constante y alto PAR (peak to average ratio, esto es, relación entre el valor de tensión de los picos de la señal al cuadrado y el valor cuadrático medio de la misma señal). Estas características se deben principalmente a la utilización de la modulación OFDM.

10 El control automático de ganancia es un proceso que actúa sobre la ganancia de transmisión y recepción del equipo de cabecera 1 y los equipos de usuario 2, con el objetivo de conseguir que la potencia de las señales sea la adecuada para maximizar la capacidad de  
15 transmisión del sistema. El presente ejemplo cuenta con un control automático de ganancia independiente para el canal descendente y para el canal ascendente del sistema.

El conversor analógico/digital (ADC) es el  
20 bloque que más limita a la hora de realizar las decisiones sobre el control automático de ganancia. Este conversor tiene un determinado número de bits para la conversión y además una tensión de entrada máxima a partir de la cual se producirían desbordamientos (overflows). Esto es  
25 equivalente a decir que el conversor produce un ruido de cuantificación que es menor cuantos más bits de conversión se utilicen en el correspondiente ADC.

En el sistema de este ejemplo se elige un ADC con un número suficiente de bits para demodular correctamente la señal OFDM (ya que éste es uno de los componentes  
30 más costosos, se elige el número de bits mínimos para demodular correctamente la señal OFDM con el número de bits por portadora máximo soportable en cada constelación). Estos conversores por lo general tienen un rango menor que el de la línea, o lo que es lo mismo, producen un ruido de  
35 cuantificación que se encuentra por encima del ruido de



fondo de la línea eléctrica, de forma que es este ruido de cuantificación el que limita la relación S/N en recepción en la mayoría de los casos. En la figura 2 se muestra un esquema del efecto del canal sobre la correspondiente  
5 señal, apreciándose una señal 3 que viene de los bloques de tratamiento en tiempo del correspondiente transmisor y llega a un conversor DAC. Esta señal, después de salir de dicho conversor, atraviesa el canal recibiendo los efectos representados en la figura 2, y llegando a un conversor ADC  
10 cuya señal de salida 4 irá hacia los bloques de tratamiento en tiempo del correspondiente receptor.

En esta figura 2 puede observarse como la señal enviada sufre distintos efectos antes de llegar al receptor del otro extremo. En dicha figura se supone que  
15 los bloques conversores DAC y ADC son ideales, de forma que el ruido de cuantificación de estos dispositivos se añade independientemente como un ruido aditivo. Además el canal afecta la señal de dos formas distintas: multiplicándola por una atenuación y un desfase  $a_c e^{j\phi_c}$  que puede variar  
20 portadora a portadora, y sumando ruido aditivo sobre la señal. De forma matemática la señal recibida sería:

$$y = r + n_{ADC}(t) = (x + n_{DAC}(t)) \cdot a_c e^{j\phi_c} + n_{l_{nea}}(t) + n_{ADC}(t)$$

En la figura 3 se observa la potencia media de la señal medida en el dominio del tiempo (antes de  
25 realizar la correspondiente DFT) para un determinado ancho de banda junto a los márgenes del conversor analógico/digital del receptor.

En dicha figura 3 podemos ver en el eje de ordenadas la potencia en dBm. La flecha 5 representa el  
30 margen de potencia para el PAR. El nivel 7 representa el umbral de saturación del ADC, que es un valor fijo por elección del ADC. El nivel 8 representa el ruido de cuantificación del ADC, que también es un valor fijo por elección del ADC, y el nivel 9 representa el ruido de la  
35 línea. La flecha 6 representa el margen máximo de relación

S/N detectable con el conversor ADC, que corresponde con la diferencia entre los niveles 7 y el máximo entre el 8 y el 9.

5 Los cambios en la ganancia de recepción tienen en cuenta los efectos de la conversión del ADC.

La ganancia del receptor se baja cuando la señal recibida llega por encima del umbral de tensión de desbordamiento del ADC. La ganancia del amplificador en recepción se baja hasta conseguir que el nivel máximo de la señal esté al nivel de saturación del ADC, de forma que se consiga tener el máximo rango de S/N del sistema.

10 La figura 4 muestra la disminución de ganancia en caso de overflows. Así en la parte a de la figura 4 apreciamos el nivel de ruido de línea en recepción ( $N_{l\text{ nea}}$ ), el nivel del ruido de cuantificación del ADC ( $N_{\text{ADC}}$ ), el umbral de saturación ( $U_{\text{sat}}$ ) y el nivel de señal recibida. Tras una atenuación adecuada gracias al sistema de control de ganancia, representada por la flecha 10, se llega a la situación mostrada en la parte b de la figura 4, que muestra la variación en los niveles, apreciándose la disminución del nivel de señal recibida.

De forma matemática, si:

$$P_r > U_{\text{sat}} \quad ; \quad \text{idealmente } G = U_{\text{sat}} - P_r < 0$$

25 
$$\frac{S}{N} = (P_r + G) - \max(N_{\text{ADC}}, N_{l\text{ nea}} + G) = U_{\text{sat}} - N_{\text{ADC}}$$

30 Por otro lado, la amplificación positiva en el receptor también estará limitada por la presencia del conversor analógico/digital. Al amplificar la señal recibida no sólo estamos aumentando la señal deseada enviada por el otro extremo de la comunicación, sino que estamos amplificando el ruido de línea que se ha añadido a la señal recibida al atravesar el canal. La suma de ambos ruidos será la que limite la relación S/N en recepción.

35 Cuando el ruido de línea amplificado es suficientemente superior al ruido de cuantificación del ADC, será este

ruido el que limitará la relación señal/ruido en el receptor (lo cual ocurre cuando es, al menos, 12 dB superior). Aumentar la ganancia a partir de ese punto no produciría ninguna mejora. Cuando la diferencia entre los niveles de potencia (en escala logarítmica) del ruido de cuantificación y el ruido de línea amplificado es mayor de 12 dB, se puede suponer que el ruido total será aproximadamente igual al ruido de línea amplificado, y a partir de ese punto no se producirá ninguna mejora sobre la relación señal/ruido al amplificar la ganancia en recepción.

En la parte a de la figura 5, el margen indicado por 11 indica la relación señal/ruido detectada en recepción para el caso de recepción sin amplificación. A partir de la situación de la parte a, y tras una amplificación adecuada (representada por la flecha 12) se llega a la situación de la parte b, donde la referencia 14 muestra el nivel de señal tras amplificar, y la referencia 15 muestra la relación S/N después de la amplificación.

Sin embargo, si a partir de la situación en a se efectúa una amplificación excesiva, esto es, mayor que  $N_{ADC} + 12 \text{ dB} - N_{l \text{ nea}}$ , lo cual se representa según la flecha 13, se llega a la situación mostrada en la parte c de la figura 5, donde la referencia 16 muestra el nivel de señal tras amplificar, mientras que la 17 muestra la relación señal/ruido, la cual no mejora respecto al caso en que la amplificación es exactamente igual a  $N_{ADC} + 12 \text{ dB} - N_{l \text{ nea}}$ , ya que ahora el ruido que limita la S/N es aproximadamente igual al ruido de línea amplificado.

De forma matemática, si:

$$P_r < U_{\text{sat}} \quad ; \quad \text{idealmente } G = \min(U_{\text{sat}} - P_r, N_{ADC} + 12 \text{ dB} - N_{l \text{ nea}})$$

$$\text{Sin saturación} \quad \frac{S}{N} = (P_r + G) - \max(N_{ADC}, N_{l \text{ nea}} + G) = P_r - N_{l \text{ nea}};$$

$$\text{Si } G > N_{ADC} + 12 \text{ dB} - N_{l \text{ nea}}$$

$$\frac{S}{N} = (P_r + G) - \max(N_{ADC}, N_{l_{nea}} + G) = P_r - N_{l_{nea}}.$$

5 El control automático de ganancia para el enlace descendente trata de maximizar la capacidad de transmisión desde el equipo de cabecera 1 hasta los usuarios 2.

10 En el enlace descendente, el sistema coloca el máximo posible de ganancia en la transmisión del equipo de cabecera 1 antes de ajustar la ganancia de los receptores de los equipos de usuario 2. Esto se debe a que un cambio realizado en la transmisión del equipo de cabecera 1 afectaría a todos los usuarios 2, y utilizar el máximo posible de ganancia (limitada por la regulación) ayuda a  
15 que se alcance la mayor cobertura posible.

La ganancia del receptor de usuario se ajusta tal y como se ha indicado en el punto anterior, esto es, cuidando que no se produzcan overflows e inyectando el máximo de potencia en el rango disponible (para maximizar  
20 la capacidad de transmisión).

Una posible implementación del algoritmo de control automático de la ganancia para alcanzar los dos objetivos anteriores se basaría en el control de varios aspectos del sistema: el número de overflows (en este caso, saturaciones en el ADC del receptor) producidos durante  
25 cierta ventana de tiempo y los pesos de la señal a la salida del ecualizador, principalmente. Si el número de overflows de la ventana temporal es mayor que cierto umbral, se reduce la ganancia del receptor, puesto que este hecho deteriora la S/N. Si no supera este umbral en toda la  
30 ventana y los pesos de ecualización indican que la señal puede incrementar su potencia sin producir overflows, se aumentará la ganancia del receptor. Si no se da ninguno de estos casos, el sistema se encontrará en un nivel óptimo y no es necesario modificar la ganancia de los amplificadores.  
35 En todo caso sería utilizado un sistema de monitори-

zación del valor de la ganancia para evitar que se produzcan oscilaciones en la misma por el control automático de la ganancia. Además, también se comprueba que aumentando la ganancia en recepción no se mejora la S/N, por lo que se tendrá en el valor óptimo.

Por otra parte, el control automático de ganancia para el enlace o canal ascendente, ajusta tanto la ganancia del receptor del equipo de cabecera 1 como la ganancia de transmisión de los equipos de usuario 2. De la misma forma que ocurría para el control automático de ganancia del enlace descendente, la ganancia del equipo de cabecera (esta vez de recepción) se ajusta y se fija antes de realizar el ajuste de la ganancia de transmisión de los equipos de usuario, para evitar que se produzcan saturaciones y para permitir una buena comunicación con cada equipo.

La ganancia de recepción del equipo de cabecera se fija en función del ruido de la línea. Para ello el equipo central o de cabecera mide este ruido y ajusta su ganancia para que el ruido de línea amplificado no supere el ruido de cuantificación del conversor analógico/digital en más de 12 dB.

Hay múltiples formas de que el equipo de cabecera 1 realice esta medida. Dos posibles implementaciones serían las siguientes:

a. Mientras ningún usuario transmite información, el equipo central utiliza la DFT para medir el ruido de la línea.

b. A partir de los pesos de la señal de error del ecualizador se realiza la estimación de las características de transmisión del canal. La señal de error del algoritmo de ecualización es un buen estimador del ruido de la línea, ya que la potencia enviada por el otro extremo es de valor constante.

Por otro lado, también se realiza el control de ganancia del amplificador de transmisión de los equipos

de usuario 2. Este control se realiza en lazo abierto y en lazo cerrado:

5           - En el control en lazo abierto la potencia recibida en el enlace descendente sirve para estimar cuánta potencia debería transmitirse por el enlace ascendente.

10           - En el control en lazo cerrado, el equipo de cabecera 1 recibe la señal del usuario 2 y mide su potencia en recepción (además de si se producen overflows en el ADC). A partir de esta medida indica al equipo de usuario 2 que aumente o disminuya la ganancia del amplificador de transmisión utilizando un canal de control (preferentemente mediante el envío de mensajes de control).

15           A continuación aparece un ejemplo de una posible implementación del algoritmo de control de ganancia en el enlace ascendente. Primero se evalúa el número de overflows en una ventana temporal, y si este valor es mayor para determinar que ganancia debe reducirse.

20           Para determinar qué ganancia debe reducirse (la de transmisión de los equipos de usuario o la de recepción del equipo de cabecera), se utiliza la información que dan los pesos a la salida del ecualizador para distinguir si los overflows se han producido debido a la señal de información enviada por el usuario (en cuyo caso el equipo de cabecera indicaría al equipo de usuario que baje su transmisión) o si se deben a ruido de la línea amplificado (en cuyo caso el equipo de cabecera 1 será quien disminuya la ganancia en recepción). Incrementar la ganancia sólo se realiza cuando no existen razones para disminuir la ganancia. Este incremento de ganancia se efectúa en los usuarios siempre que con ello no se produzcan overflows.

          En ambos casos también se utiliza una monitorización del valor de la ganancia para evitar oscilaciones.

35           Cada cierto tiempo (un tiempo suficientemente largo) se monitoriza la línea para comprobar que el valor

fijado para la ganancia en recepción era el correcto (los ruidos impulsivos pudieron provocar un ajuste inadecuado) de forma que se modifique este valor en caso de que no sea así.

5 El control automático de la ganancia es especialmente importante para conseguir aplicar OFDMA (acceso múltiple por división ortogonal en frecuencia) sin producir desbordamientos en los distintos bloques internos. En este caso, la ganancia de recepción del equipo de  
10 cabecera 1 se ha fijado para mantener un margen de S/N y, como hay varios usuarios que transmiten a la vez en frecuencias distintas (en el mismo símbolo llegan señales de los distintos usuarios), no podremos adaptar la ganancia de recepción del equipo de cabecera a cada uno de ellos. La  
15 ganancia de recepción se adaptará a la mayor, y en el dominio frecuencial (tras realizar la DFT) se realizará un tratamiento portadora a portadora para poder mantener el margen de relación S/N con la ganancia fijada y reducir la posibilidad de overflows.

20 Para optimizar el control de ganancia sobre ambos enlaces, ascendente y descendente, se realiza un tratamiento portadora a portadora sobre las correspondientes señales de emisión. Gracias a este tratamiento se puede precompensar el efecto del canal (atenuando más las  
25 portadora que menos van a ser atenuadas y viceversa). Además este tratamiento portadora a portadora puede utilizarse para atenuar gradualmente (en este caso las portadoras atenuadas podrían seguir utilizándose en la comunicación) o incluso eliminar (es decir, no transmitir  
30 por las portadora eliminadas) las portadora cuyas frecuencias están reguladas por Ley para el uso de otros sistemas de telecomunicaciones (como pueden ser las frecuencias de radioaficionados), o por frecuencias que puedan ser interferentes con otros dispositivos de comunicaciones. La  
35 selección de qué portadoras van a ser atenuadas o elimina-

das, y el grado de atenuación (en su caso) es configurable en cada equipo en tiempo real, de forma que se cumplan las normativas en la instalación del sistema y se cumplan las necesidades de comunicación del sistema en cada momento.

5 Una posible forma de implementación es una máscara de potencia que consiste en que, en transmisión, se multiplica cada una de las portadoras por un determinado coeficiente.

10 Por otro lado, en recepción, durante la ecualización se codifican los pesos de la ecualización en coma flotante de forma que la señal a la salida de la FFT se pueda escalar con los exponentes calculados para los pesos de la ecualización. Gracias a multiplicar la señal recibida por estos exponentes, esto es, gracias al escalado, es posible trabajar con la mantisa que tendrá pocos  
15 bits.

En la figura 6 se muestra una topología lógica empleando varias cabeceras **18** dentro del correspondiente sistema de comunicaciones sobre red eléctrica. La utilización de múltiples cabeceras **18** permite crear grupos de  
20 cabecera **18** más usuarios **2** de forma que sea posible realizar una comunicación independiente entre estos equipos o bien conseguir que equipos de usuarios **2** muy alejados del equipo de cabecera principal **1** (en términos de longitud de cable eléctrico o de atenuación) puedan realizar la  
25 comunicación.

Para que las transmisiones del equipo de cabecera principal **1** y de los equipos de cabecera **18** no se interfieran, se pueden utilizar distintas frecuencias y/o  
30 tiempos en ambas comunicaciones. Llamaremos "link" a un grupo de frecuencias y tiempos que pueden ser utilizados para la comunicación con el sistema de la presente memoria. En cada grupo se reutilizan las frecuencias y tiempos, esto es, se utilizan las mismas frecuencias y tiempos en las transmisiones en los grupos de cabecera **18** y sus usuarios  
35 **2**, por lo que las señales de un grupo pueden interferir y



ser interferidas por las señales de otro grupo.

En un ejemplo de implementación un "link" podría consistir en utilizar para la transmisión las frecuencias situadas entre 1 y 5 MHz, mientras que otro  
5 consistiría en transmitir de 5 a 10 MHz. Todos los equipos que empleen un "link" utilizarían uno de estos grupos de frecuencias, y por tanto podrían interferirse.

La comunicación entre el equipo de cabecera principal 1 y los equipos de usuario 2 se realizaría a  
10 través de un "link", mientras que la comunicación entre un grupo de equipo de cabecera 18 y sus usuarios se realizaría por otro "link", evitando la interferencia entre ambas comunicaciones.

Las cabeceras de los grupos 18 comparten el  
15 mismo "link", esto es, transmiten utilizando las mismas frecuencias y tiempos. Por este motivo la señal de una cabecera 18 y sus equipos de usuario 2 es interferencia para otra cabecera 18 y sus usuarios 2, y viceversa. La topología de la red eléctrica puede ser usada para situar  
20 el conjunto de cabecera 18 y usuarios 2 lo suficientemente alejados (en términos de longitud de cable eléctrico o atenuación) como para que las señales enviadas en ambos enlaces (ascendente y descendente) no produzcan una gran interferencia.

Debido a la presencia de estos grupos interfe-  
25 rentes se producirá una reducción en la relación señal/ruido en los canales ascendente y descendente de los grupos cabecera 18 y sus usuarios 2.

La novedad del presente sistema en este punto  
30 es la forma en la que se permite la coexistencia de varios grupos de cabecera 18 y sus usuarios 2. Para ello nos basaremos principalmente en controlar la potencia en transmisión.

En la figura 7 se muestra un ejemplo de  
35 conexión física entre los distintos equipos (a través de la

línea eléctrica), mostrándose las ubicaciones de equipos de cabecera 18 y sus equipos de usuario 2 en cuatro edificios distintos 19 a 22.

5        Para realizar el control automático de ganancia se ha supuesto que para que la señal enviada por un equipo de usuario 2 llegue a un equipo cabecera 18 que no es el de su grupo, deberá recorrer una gran distancia, teniendo que pasar por el punto de la red donde se conecta el equipo de cabecera 18 de su grupo. Esto puede conseguirse  
10        fácilmente mediante la topología de la red de distribución de electricidad. Por ejemplo, podrían colocarse las cabeceras 18 a la entrada de la subida de electricidad de un edificio y los equipos de usuario 2 dentro del mismo, tal y como se representa en la figura 7. La coexistencia  
15        entre grupos de cabecera 18 y sus usuarios 2 se basa en que todos los usuarios 2 que "cuelgan" de una determinada cabecera 18 siempre pasan por el punto donde se conecta esta cabecera 18 para poder llegar a otra cabecera 18 (que no sea la de su grupo) o a un usuario 2 de otro grupo. Por  
20        ello se mide la atenuación existente entre cabeceras 18, cosa que puede realizarse de manera automática mediante el envío de información entre equipos de cabecera 18 y/o 1. Este valor servirá para ajustar la potencia máxima transmisible por los usuarios, como veremos posteriormente.

25        Para el enlace descendente, la señal de un equipo de cabecera 18 vecino puede mezclarse con la señal de la cabecera 18 de nuestro grupo. Esta interferencia supondrá un ruido para el sistema, de tipo ruido blanco aditivo gaussiano (debido a que la distribución estadística  
30        de una señal OFDM con aproximadamente un millar de portadoras moduladas en M-QAM, es prácticamente normal). El usuario recibirá ambas señales (la de su cabecera y la de la cabecera del vecino). La señal de la cabecera 18 de nuestro grupo estará atenuada proporcionalmente a la distancia del  
35        equipo de usuario 2 a su cabecera 18, mientras que la señal

de la cabecera 18 "interferente" estará atenuada proporcionalmente a la distancia entre el equipo de usuario 2 y la cabecera 18 de nuestro grupo más la distancia entre los dos equipos de cabecera 18. Si la "interferencia" es mayor que el ruido de la línea, la degradación de la S/N será causada principalmente por esta interferencia, por lo que la S/N será la diferencia entre la potencia de las señales, lo que es directamente proporcional a la atenuación existente entre ambos equipos de cabecera 18.

La figura 8 muestra la interferencia entre grupos de cabecera 18 más usuarios 2 para el enlace descendente.

Matemáticamente la señal recibida por un usuario 2 de su equipo de cabecera 18 será:

$$P_r = S_2 - L_u$$

siendo  $S_2$  la potencia de la señal enviada por la cabecera 18 y  $L_u$  la atenuación provocada principalmente por la distancia existente (de línea eléctrica) entre la cabecera 18 y el usuario 2. Por otro lado, la señal interferente (enviada por un equipo de cabecera 18 de otro grupo) sería:

$$P_i = S_1 - L - L_u$$

siendo  $S_1$  la potencia de la señal enviada por la cabecera 18 de otro grupo y  $L$  la atenuación entre los equipos de cabecera 18. Normalmente esta potencia interferente será mayor que el ruido de cuantificación del ADC del receptor del usuario, por lo que el margen de S/N sería:

$$\frac{S}{N} = P_r - \max(N_{ADC}, P_i) = P_r - P_i = S_2 - L_u - (S_1 - L - L_u) = S_2 - S_1 + L$$

Todos los equipos de cabecera 18 transmitirán con la máxima potencia (para tener un comportamiento de interferencia recíproco y maximizar la cobertura), por lo que el valor máximo de S/N será igual a la atenuación entre los equipos de cabecera (L).

Con más de dos "links", la atenuación entre equipos de cabecera 18 puede no ser igual, puesto que

alguna cabecera **18** puede ver a los demás grupos con más atenuación y podría tener mayor ganancia. En este caso el equipo de cabecera principal **1** sería el encargado de ajustar las ganancias mediante mensajes de control (u otro tipo de canal de control).

Respecto al canal ascendente, el objetivo es que las señales que provienen de otro grupo cabecera **18** más sus usuarios **2** lleguen a nuestro grupo (cuyos equipos son del mismo "link", esto es utilizan las mismas frecuencias y tiempos) con un nivel de potencia comparable al nivel de ruido de fondo de la red de distribución de electricidad.

Si los dos niveles de potencia son iguales, se produciría un incremento de 3 dB sobre este suelo de ruido lo que se considera una degradación aceptable en el enlace ascendente.

Esto tiene como consecuencia que los equipos de usuario **2** deberán adaptar su ganancia de transmisión para conseguir que la señal que llegue a una cabecera **18** de otro grupo lo haga con valores de potencia menores o iguales al ruido de línea detectado en esa cabecera **18**. En el equipo de cabecera **18** de cada grupo se realiza la detección y se informa a los usuarios **2** del grupo utilizando mensajes de control (u otro tipo de canal de control). Por lo tanto el ajuste se realiza con un control en lazo cerrado. Este efecto puede observarse en la figura 9, en la que se representa la interferencia para el enlace ascendente del sistema.

Un equipo de usuario **2** transmite una señal en el enlace ascendente con potencia  $S$ . Esta señal llega a la cabecera **18** del grupo algo atenuada (atenuación  $L_1$ ), y a la cabecera **18** de otro grupo atenuada con ese valor más la atenuación caracterizada entre cabeceras **18** ( $S-L_1-L_2$ ). Esta señal se considera un ruido para otros grupos (que reutilicen las mismas frecuencias y tiempos), por lo que se ajustará el valor de  $S$  modificando el amplificador de

transmisión del equipo de usuario 2 para que  $S-L_1-L_2$  esté al nivel del suelo de ruido de la línea.

Matemáticamente la potencia interferente sería:

5 
$$P_i = S - L_1 - L_2$$

y podría decirse que  $N P_i$  (sí es mayor que el ruido provocado por otros factores como el ADC).

10 Para optimizar el resultado, y ya que el canal no tiene una respuesta plana en frecuencia, la ganancia de transmisión debería cambiarse portadora a portadora. Debido a que esto implicaría un coste demasiado elevado, se puede promediar la estimación de S/N en frecuencia ponderando más las portadoras con mayor valor de S/N que las de menos.

15 Estas operaciones se realizan en el equipo de cabecera 18 del correspondiente grupo, que es el que decide si las ganancias de los distintos usuarios 2 de ese grupo deben ser aumentadas, disminuidas o mantenidas. Después comunica esta información a los usuarios 2 mediante un canal de control (preferentemente por mensajes de control).  
20 Para tomar esta decisión utiliza el valor ponderado de la estimación S/N y anteriores valores de esta estimación.

**REIVINDICACIONES**

**1.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA  
PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE  
RED ELÉCTRICA,** existiendo una pluralidad de equipos de

5 usuario y un equipo de cabecera comunicados bidireccional-  
mente a través de la red eléctrica, efectuándose un control  
independiente para el canal ascendente que va desde los  
equipos de usuario hasta el equipo de cabecera y para el  
canal descendente que va desde el equipo de cabecera hasta  
10 los equipos de usuario, efectuándose la división de la red  
eléctrica para los canales ascendente y descendente  
mediante duplexación por división en frecuencia (FDD) y/o  
mediante duplexación por división en tiempo (TDD); transmi-  
tiéndose una señal con modulación OFDM (multiplexación por  
15 división ortogonal en frecuencia) que presenta envolvente  
no constante en virtud del empleo de esa modulación;  
existiendo amplificadores para actuar sobre las ganancias  
de transmisión y recepción, y con la posibilidad de  
utilizar varios conjuntos, de cabecera y equipos de  
20 usuario, reutilizando las mismas frecuencias y tiempos,  
donde el acceso a los canales ascendente y descendente se  
realiza mediante multiplexaciones OFDMA/TDMA (multiplexa-  
ción por división ortogonal en frecuencia y/o multiplexa-  
ción por división en tiempo); caracterizado porque presen-  
ta:  
25

- un tratamiento portadora a portadora sobre las  
correspondientes señales de emisión para  
precompensar el efecto de un canal selectivo  
en frecuencia, como el de la línea eléctrica,  
30 sobre la señal antes de ser transformada al  
dominio temporal para una potencia media de la  
señal fija,
- un tratamiento portadora a portadora sobre las  
señales en recepción del dominio frecuencial,  
35 realizando el bloque compensador del efecto

5 del canal un escalado sobre la señal recibida  
y los elementos correctores de la señal en  
frecuencia, representando en coma flotante la  
señal compensada y fijando el número de bits  
de la mantisa para obtener una determinada  
precisión (o relación señal/ruido) máxima  
definida por portadora, gracias a lo que se  
permite reducir las memorias que almacenan los  
elementos compensadores del efecto del canal,  
10 reducir la complejidad de las operaciones en  
el dominio de la frecuencia al estar fijado el  
número de bits de mantisa, tratar un mayor  
rango dinámico de señales en recepción, y  
amplificar al máximo la señal de entrada al  
15 ADC sin producir desbordamientos en los  
bloques anteriores al tratamiento frecuencial,  
un control de la potencia de transmisión de  
los distintos equipos para conseguir que la  
potencia de múltiples usuarios se reciba con  
20 el mismo nivel y poder utilizar conversores  
analógico/digitales de pocos bits,  
un control de la potencia de transmisión para  
conseguir que las señales enviadas por los  
usuarios y la cabecera no interfieran en el  
25 funcionamiento de otros conjuntos de equipo de  
cabecera y sus usuarios que reutilicen las  
mismas frecuencias y tiempos,  
de forma que el control automático de ganancia consiga:  
- lograr la máxima capacidad de transmisión,  
30 - llegar al máximo número de usuarios mediante  
la reutilización de frecuencias y tiempos,  
- admitir señales provenientes de usuarios muy  
cercanos y muy lejanos (en términos de  
longitud de cable eléctrico o atenuación) sin  
35 pérdida de relación señal/ruido (S/N) ni

capacidad de transmisión,

- evitar que se produzcan desbordamientos (overflows) en los dispositivos del sistema, que supondrían una pérdida de relación señal/ruido lo que conllevaría una pérdida de la capacidad de transmisión,
- evitar la utilización de frecuencias reguladas por Ley o que produzcan interferencias con otros sistemas de comunicaciones,
- introducir el máximo de potencia media sobre el rango disponible para la comunicación,
- minimizar el número de bits necesarios para la conversión analógica/digital en recepción.

## **2.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA**

**PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 1, caracterizado porque el control automático de ganancia para el enlace descendente ajusta tanto la ganancia de los medios transmisores del equipo de cabecera como la ganancia de los medios receptores de los equipos de usuario, de forma que se introduzca el máximo de potencia media en el rango disponible para la comunicación sin que se produzcan desbordamientos en los conversores del sistema con objeto de maximizar la capacidad de transmisión.

## **3.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA**

**PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 2, caracterizado porque el control automático de ganancia para el enlace descendente disminuye la ganancia en los receptores de los usuarios en caso de que el número de desbordamientos (overflows) que se producen en el ADC del receptor supere cierto límite, puesto que estos desbordamientos provocan una reducción de S/N y, por ello, una pérdida de capacidad de transmisión.

## **4.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA**



**PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 2, caracterizado porque el control automático de ganancia para el enlace descendente aumenta la ganancia en los receptores de los usuarios en caso de que no se produzcan desbordamientos (overflows) en el ADC del receptor durante una determinada ventana temporal, de forma que el ruido de cuantificación no limite la S/N en comparación con el ruido de línea amplificado.

**5.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque una posible implementación del correspondiente algoritmo de control automático de la ganancia para el canal descendente se basaría en el control de aspecto tales como el número de overflows (saturaciones en el ADC del receptor) producidos durante cierta ventana de tiempo y los pesos del ecualizador, de manera que si el número de overflows en la ventana temporal es mayor que cierto umbral, se reduce la ganancia del receptor, mientras que si no se supera este umbral en toda la ventana y los pesos de ecualización indican que la señal puede incrementar su potencia sin producir overflows, se aumentará la ganancia del receptor; y si no se da ninguno de estos casos, el sistema se considera en un nivel óptimo y no se modifica la ganancia de los correspondientes amplificadores; utilizándose siempre un sistema de monitorización del valor de ganancia para evitar que se produzcan oscilaciones en la misma, así como una regular comprobación de que aumentando la ganancia en recepción no se mejora la relación señal/ruido.

**6.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 1, caracterizado porque el control automático de ganancia para el enlace

ascendente ajusta tanto la ganancia de los medios receptores del equipo de cabecera como la ganancia de los medios emisores de los equipos de usuario, ajustándose la ganancia del equipo de cabecera (de recepción) antes de realizar el  
5 ajuste de la ganancia de emisión de los equipos de usuario, con el objetivo de evitar pérdidas de S/N debidas a los desbordamientos (overflows) y al ruido de cuantificación del ADC del equipo de cabecera.

**7.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA  
10 PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según la reivindicación 6, caracterizado porque en el control automático de ganancia para el canal ascendente la ganancia de recepción del equipo de cabecera se fija en función del ruido de la línea, de manera que el  
15 equipo de cabecera mide la potencia de ruido y ajusta su ganancia con objeto de que el ruido de cuantificación del ADC no limite la S/N en comparación con el ruido de línea amplificado, y para poder utilizar un conversor con un reducido número de bits.

**8.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA  
20 PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según la reivindicación 7, caracterizado porque dicha medida de ruido se efectúa empleando el equipo de cabecera la DFT (transformada discreta de Fourier) sobre  
25 la señal recibida mientras ningún equipo de usuario esté transmitiendo, pudiendo estimar el ruido de línea aumentando la ganancia en recepción y comparando la salida de dicha DFT con cierto umbral mientras ningún usuario está transmi-  
tiendo.

**9.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA  
30 PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según la reivindicación 7, caracterizado porque dicha medida de ruido se efectúa a partir de la señal de error proporcionada por el ecualizador de recep-  
35 ción del equipo de cabecera, y de las ganancias conocidas

de los amplificadores de transmisión y recepción, mientras algún usuario está transmitiendo.

**10.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE**

**RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 6, caracterizado porque para el canal ascendente se realiza el control de ganancia de los amplificadores de emisión de los equipos de usuario en lazo abierto y/o en lazo cerrado con el objeto de maximizar la capacidad de transmisión y reducir el número de bits necesarios en el ADC para la conversión de todo el rango de la señal:

- en el control en lazo abierto, mediante la potencia recibida en el canal descendente se estima cuánta potencia debería transmitirse por el canal ascendente;
- en el control en lazo cerrado, el equipo de cabecera recibe la señal del equipo de usuario y mide su potencia en recepción, además de si se producen overflows en el correspondiente ADC; y a partir de esta medida indica al equipo de usuario que aumente o disminuya la ganancia del amplificador de emisión, preferentemente mediante el envío de mensajes de control.

**11.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE**

**RED ELÉCTRICA**, según las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado porque una posible implementación del algoritmo de control de ganancia en el canal ascendente consiste en lo siguiente:

- primero se evalúa el número de overflows en una ventana temporal, y si este valor es mayor que un umbral máximo permitido, se baja la ganancia;
- para determinar qué ganancia debe reducirse

(la de emisión de los equipos de usuario o la de recepción del equipo de cabecera), se utiliza la información que dan los pesos del ecualizador para distinguir si los overflows se han producido debido a la señal de información enviada por el usuario (en cuyo caso el equipo de cabecera indicará al equipo de usuario que baje su nivel de emisión) o si se deben a ruido de la línea (en cuyo caso el equipo de cabecera será quien disminuya la ganancia en recepción);

- incremento de ganancia, que sólo se lleva a cabo cuando no existen razones para disminuir la ganancia, de manera que este incremento de ganancia se efectúa en los equipos de usuario siempre que con ello no se produzcan overflows;
- en cualquier caso se utiliza siempre una monitorización del valor de la ganancia para evitar oscilaciones;
- cada cierto tiempo (suficientemente largo) se monitoriza la línea de comunicación para comprobar que el valor fijado para la ganancia en recepción era el correcto (los ruidos impulsivos de la red pudieron provocar un ajuste inadecuado), de manera que se modifique este valor en caso de que no sea así.

**12.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según la reivindicación 1, caracterizado porque para optimizar el control de ganancia se realiza un tratamiento portadora a portadora sobre las correspondientes señales de emisión para precompensar el efecto del canal sobre la señal, de forma que se incremente la potencia en las portadoras que sufrirán más atenuación al

5 ser transmitidas por el canal y se disminuya la potencia en las portadoras que se transmitirán por el canal sufriendo menor atenuación, de forma que se mantenga la potencia media en transmisión y se pueda incrementar la capacidad de transmisión sin producir desbordamientos (overflows) en el tratamiento de la señal en el tiempo o en la conversión analógica/digital.

10 **13.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 12, caracterizado porque entre los tratamientos portadora a portadora en transmisión se encuentra la atenuación gradual e incluso eiminación de portadoras cuya posición en frecuencia coincida con frecuencias cuyo uso está regulado por Ley,  
15 con frecuencias que interfieren con otros dispositivos de comunicaciones, con las frecuencias intermedias utilizadas en televisión y otros dispositivos electrónicos, con las frecuencias de los radioaficionados, u otras; siendo configurable la selección de portadoras en tiempo real de acuerdo a las necesidades de comunicación del sistema en  
20 cada momento.

**14.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 1,  
25 caracterizado porque para optimizar el control de ganancia se realiza un tratamiento portadora a portadora sobre las correspondiente señales en recepción una vez en el dominio de la frecuencia, consistente en que el bloque compensador del efecto del canal sobre la señal recibida, escala tanto  
30 la señal recibida en cada portadora de acuerdo con el nivel estimado de la misma como los valores de los elementos correctores en frecuencia que se utilizarán sobre la señal, de forma que sea posible trabajar únicamente con la mantisa de la representación en coma flotante (mantisa y exponente)  
35 de la señal recibida, y finalmente se fija el número de

bits de esta mantisa de acuerdo a la precisión (o relación señal/ruido) máxima por portadora; con el objetivo de representar señales con un gran rango dinámico (esto es señales de muy alta y muy baja potencia) mediante un  
5 pequeño número de bits, reducir el tamaño de las memorias utilizadas para almacenar los elementos compensadores de la atenuación y fase introducidos por el canal, reducir la complejidad de las operaciones en el dominio de la frecuencia (por tener un reducido número de bits en las mismas),  
10 y amplificar al máximo la señal a la entrada de la conversión analógica/ digital sin que se produzcan desbordamientos en los bloques anteriores al tratamiento de la señal en el dominio frecuencial portadora a portadora, recibiendo la portadora con mayor atenuación limitada en  
15 relación señal/ruido en recepción por el ruido de la línea y no por el ruido de cuantificación del conversor A/D, y al mismo tiempo, recibiendo las portadoras poco atenuadas por la línea y amplificadas antes de la conversión sin que esta recepción produzca desbordamientos al estar convenientemente  
20 te escaladas, de forma que se puedan tratar por los bloques frecuenciales con el mismo número de bits en todas las operaciones que las portadoras con mucha atenuación.

**15.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE**

**RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 14, caracterizado  
25 porque en el proceso de escalado la mantisa de la señal se obtiene al multiplicar la señal recibida por el exponente de la representación en coma flotante de los pesos de la ecualización; actualizándose dicho exponente en la fase de  
30 entrenamiento de la ecualización, en las portadoras de la rejilla si los datos enviados se dirigen hacia otro usuario, y en todas las portadoras cuando los datos enviados se dirigen a nuestro usuario; de forma que se reduzca la probabilidad de un escalado erróneo debido a los  
35 múltiples ruidos impulsivos que afectan a la comunicación

a través de la red de distribución de electricidad.

5                   **16.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA**  
**PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE**  
**RED ELÉCTRICA**, según las reivindicaciones 1 a 7, caracteri-  
zado porque la coexistencia de varios conjuntos, de equipo  
de cabecera y usuarios que se comunican con él, que  
utilizan las mismas frecuencias y tiempos (reutilización de  
frecuencia y tiempo), se realiza mediante el control de las  
ganancias de transmisión de estos equipos, mientras que el  
10 control de ganancia en recepción se realiza tal y como se  
expuso en las anteriores reivindicaciones, para lo que los  
distintos equipos de cabecera se comunican entre sí para  
tomar las decisiones de coexistencia.

15                   **17.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA**  
**PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE**  
**RED ELÉCTRICA**, según las reivindicaciones 1 a 7, caracteri-  
zado porque la coexistencia de varios conjuntos, de equipo  
de cabecera y usuarios que se comunican con él, que  
utilizan las mismas frecuencias y tiempos (reutilización  
20 de frecuencia y tiempo) se realiza mediante el control de  
las ganancias de transmisión de estos equipos, mientras que  
el control de ganancia en recepción se realiza tal y como  
se expuso en las anteriores reivindicaciones, para lo que  
existe un equipo de cabecera principal que utiliza frecuen-  
25 cias y/o tiempos distintos para la comunicación con sus  
usuarios, que se encarga de asegurar la coexistencia entre  
los distintos conjuntos de equipos que reutilizan las  
mismas frecuencias y tiempos, y que es capaz de comunicarse  
con las cabeceras de cada conjunto.

30                   **18.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA**  
**PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE**  
**RED ELÉCTRICA**, según las reivindicaciones 16 y 17, caracte-  
rizado porque para optimizar el resultado del control de la  
ganancia cuando hay varios conjuntos de cabecera y usuarios  
35 que reutilizan las mismas frecuencias y tiempos, las

ganancias de transmisión se modifican portadora a portadora, o (debido a que esto implica un coste elevado) se promedia la estimación de relación señal/ruido en frecuencia ponderando más las portadoras con mayor valor de relación señal/ruido que las que menos, y se utiliza su resultado para realizar las modificaciones de las ganancias de transmisión.

- 19.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según las reivindicaciones 16 a 18, caracterizado porque la coexistencia de varios conjuntos de equipo de cabecera y sus usuarios que utilicen el mismo rango de frecuencias y tiempos para la comunicación, se posibilita mediante:
- el control de la potencia de los correspondientes medios emisores de señal en ambos enlaces de la comunicación: descendente y ascendente;
  - una topología de red en la que las señales de todos los equipos de usuario pasan primero por el equipo de cabecera correspondiente a su conjunto antes de llegar a los equipos que forman otro conjunto; y
  - la medida de la atenuación entre equipos cabecera (que reutilicen las mismas frecuencias y tiempos) mediante el envío de información entre estos equipos de cabecera, o mediante la comunicación con un equipo de cabecera principal, de manera que esta medida se emplea para ajustar la potencia máxima transmisible por los equipos de usuario.

**20.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, caracterizado porque para el canal descendente,



todos los equipos de cabecera emiten con la máxima potencia posible para la comunicación por la red eléctrica, de forma que el valor máximo de relación señal/ruido (S/N) en los receptores de usuario estará limitado por la atenuación entre los equipos de cabecera que reutilicen el mismo rango de frecuencias y tiempos, mientras que si hay un equipo de cabecera principal (que utiliza otro rango de frecuencias y/o tiempos), será este equipo de cabecera principal el encargado de ajustar las diferentes ganancias requeridas en los distintos equipos de cabecera mediante un canal de control, y preferentemente mediante mensajes de control.

**21.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, caracterizado porque para asegurar la coexistencia de varios conjuntos de equipos que reutilicen las mismas frecuencias y tiempos para el canal ascendente de la comunicación, se ajusta la ganancia de transmisión de los equipos de usuario para que el nivel de potencia de señal que llegue a la cabecera de otro conjunto (y que será interferente para ese conjunto) sea comparable al nivel de ruido de la línea.

**22.- SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA PARA SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL OFDM MULTIUSUARIO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 21, caracterizado porque para el canal ascendente de la comunicación, el equipo de cabecera detecta la potencia que le llega de uno de sus usuarios y decide si la ganancia debe ser aumentada o disminuida, comunicando después esta información al equipo de usuario implicado preferentemente mediante mensajes de control; tomándose la correspondiente decisión mediante la utilización del valor ponderado en frecuencia de la estimación de la relación señal/ruido, anteriores valores de dicha estimación y la estimación de ruido.

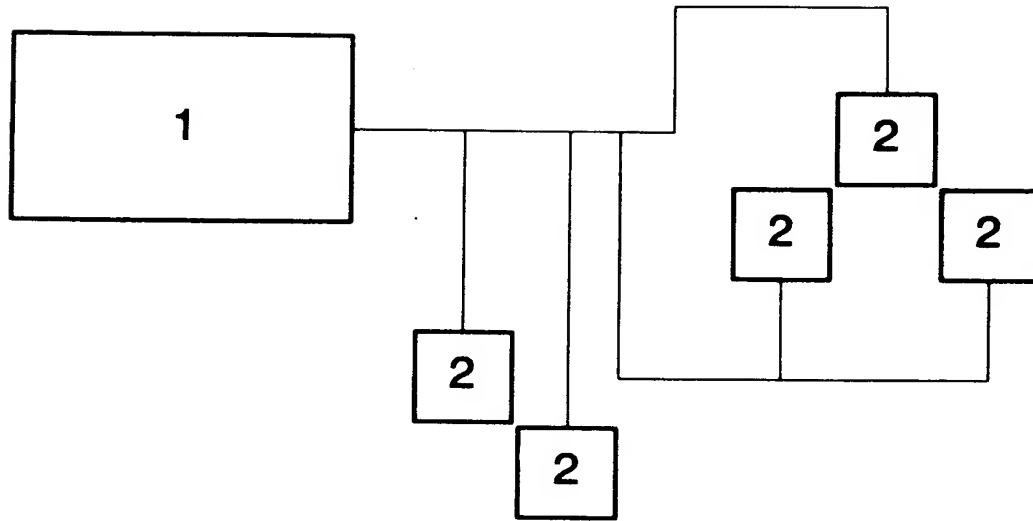


FIG. 1

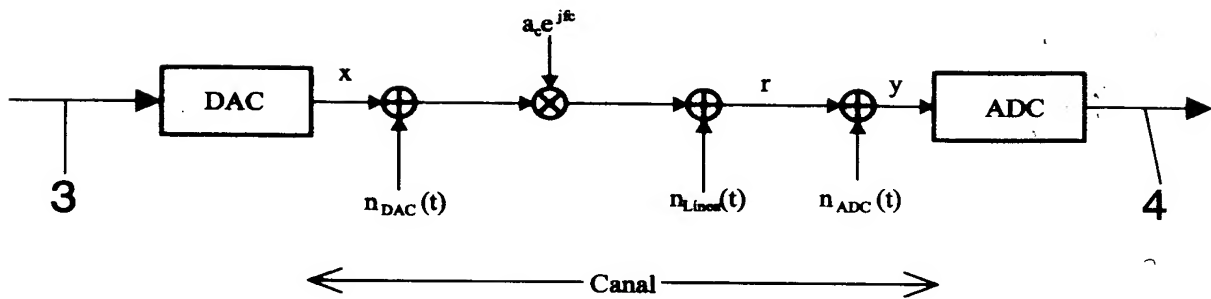


FIG. 2

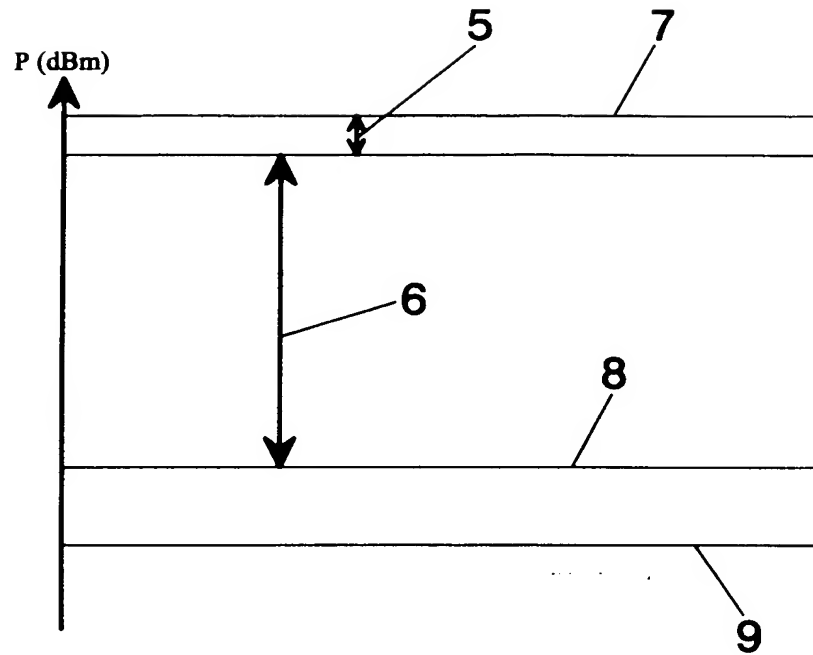


FIG. 3

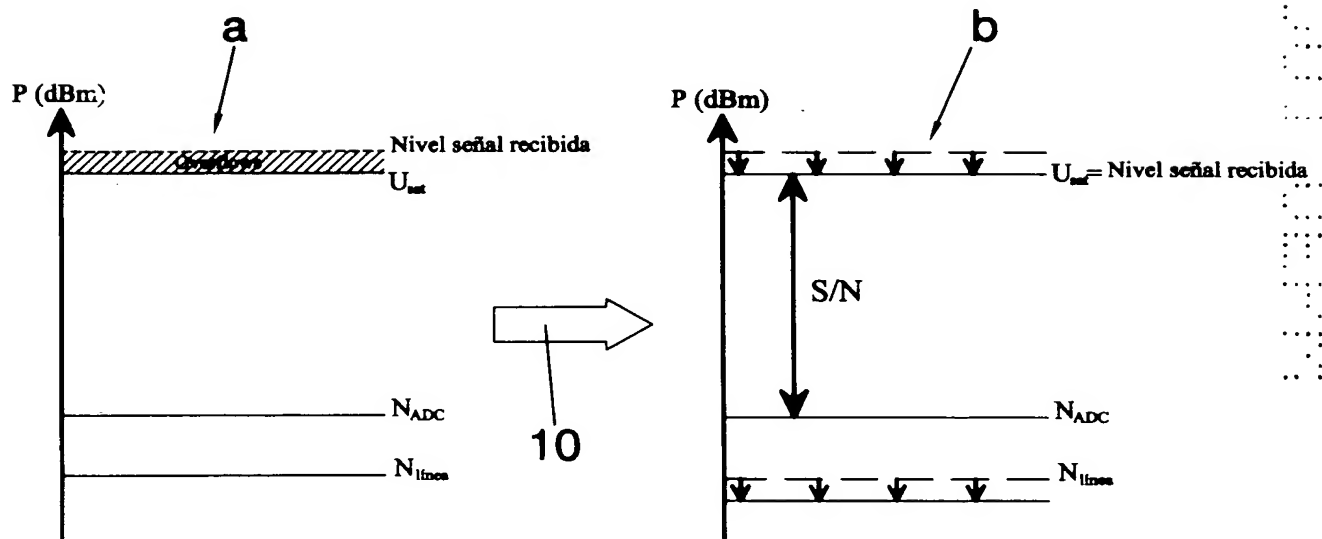


FIG. 4

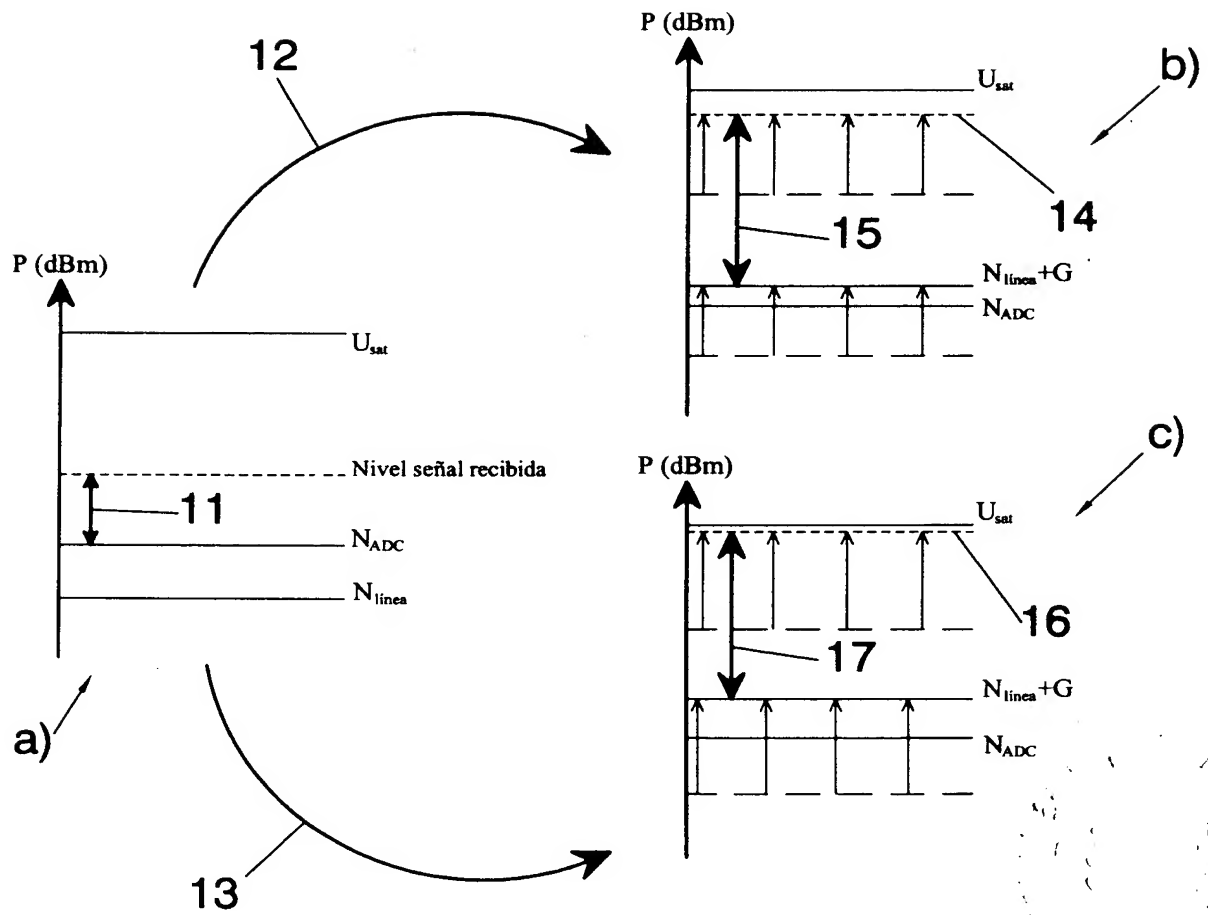


FIG. 5

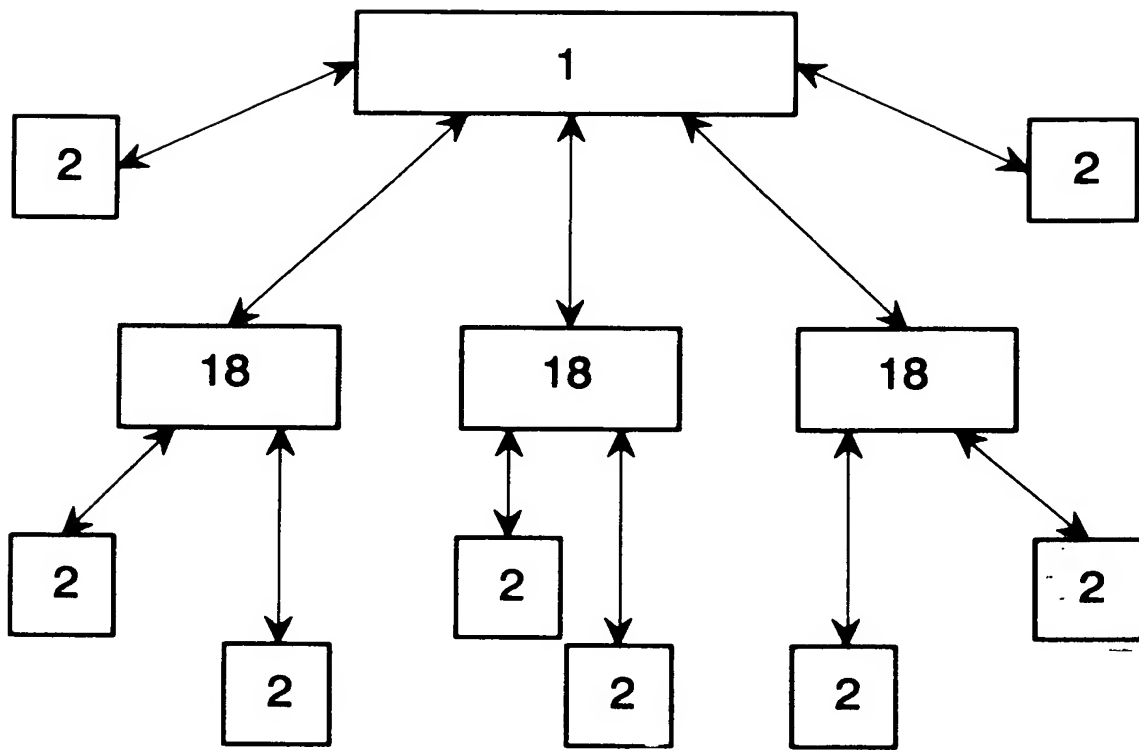


FIG. 6

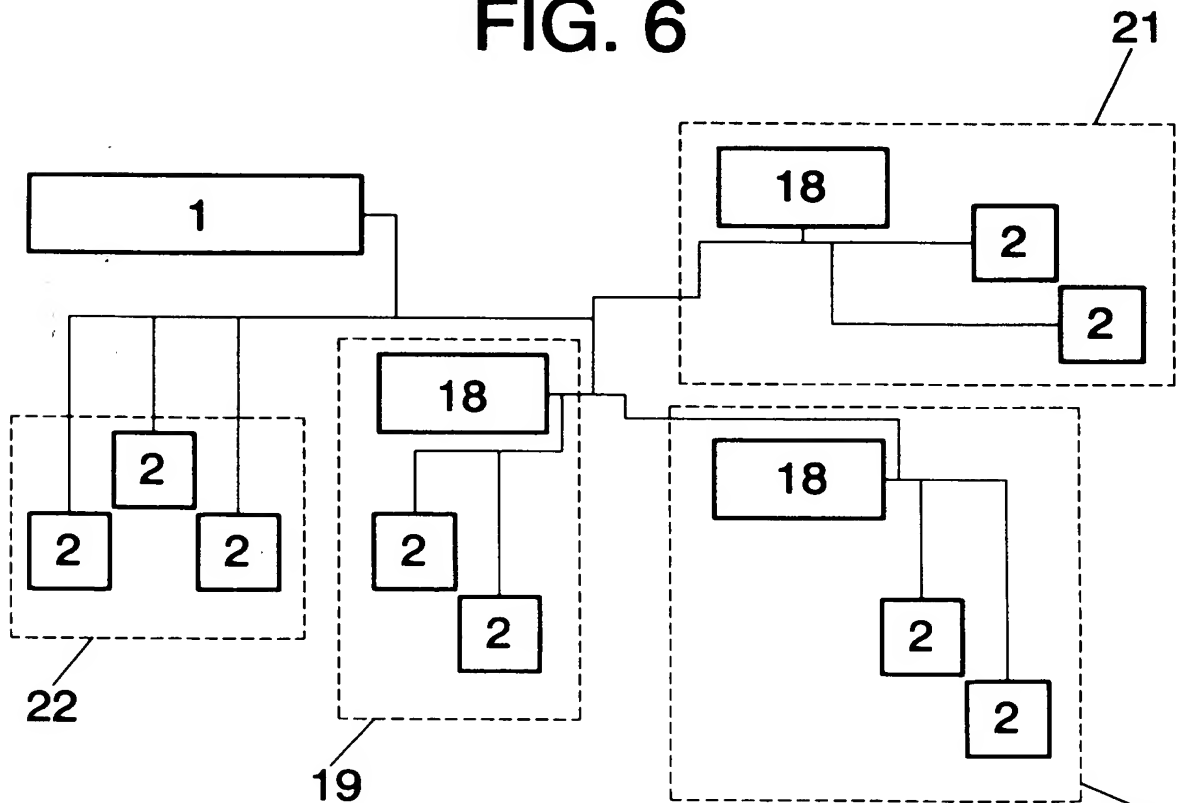


FIG. 7

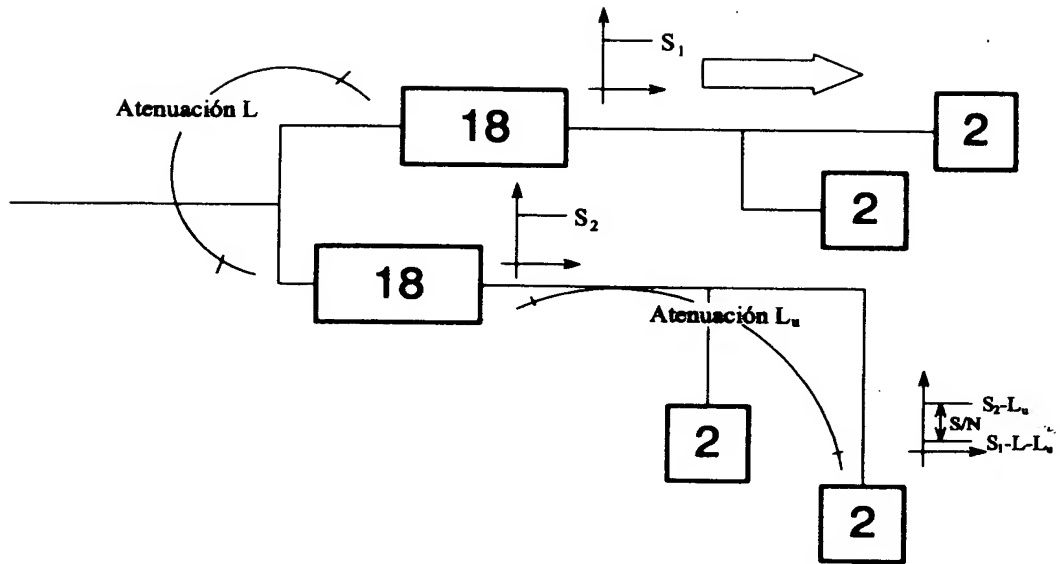


FIG. 8

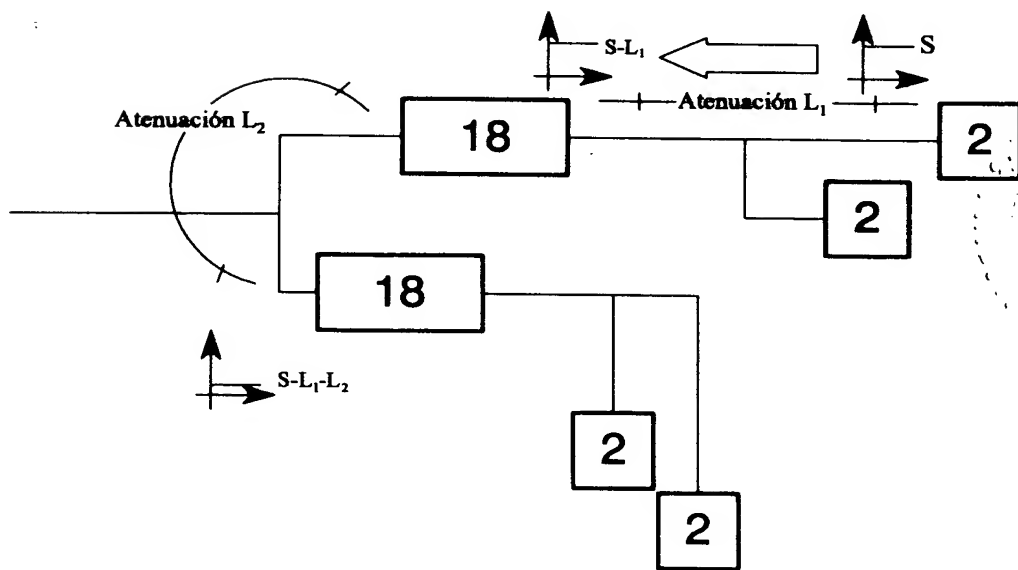


FIG. 9